

🕒 24/01/23 📦 Forschung

Fallbeispiel aus der beruflichen Grundbildung für Elektroberufe

Mit Virtual Reality zu beruflichen Handlungskompetenzen

👤 Martin Berger, Katrin Kraus, Thomas Keller, Elke Brucker-Kley, Janick Michot & Reto Knaack

Die «Erstprüfung» elektrischer Installationen ist eine zentrale Handlungskompetenz von Elektrofachpersonen. Aber die Vermittlung dieser Handlungskompetenz stellt die Lernorte vor erhebliche Herausforderungen, was auch die ernüchternden Resultate in den Qualifikationsverfahren zeigen. Ein interdisziplinäres Innovationsprojekt der PH Zürich und der ZHAW nimmt sich dieser Problematik an und erprobt das Potenzial von Virtual Reality (VR) für den Aufbau beruflicher Handlungskompetenzen am Beispiel der Erstprüfung. Im Projekt wurde der Prototyp einer VR-Lernumgebung für Berufslernende der Elektrobranche entwickelt und dessen Wirkung in einer Feldstudie evaluiert. Die Resultate wiesen auf das Potenzial dieser Technologie für das berufliche Lernen hin.

1 Ausgangslage

Der Effekt der VR-Lernumgebung auf das Erlernen der Erstprüfung wurde im Frühlingsemester 2022 in einer Feldstudie mit 78 Lernenden im letzten Ausbildungssemester untersucht.

Mit der rasanten Entwicklung von Virtual Reality (VR) wird es immer einfacher, in technisch erzeugte 3D-Welten einzutauchen und mit Objekten zu interagieren.^[1] Als «technologiegestützte Erfahrungswelten» (Zinn 2020) wird VR deshalb auch als Ergänzung der beruflichen Ausbildung zunehmend interessant, da damit komplexe Inhalte realitätsnah aufbereitet, vermittelt und somit berufliche Fertigkeiten gefördert werden können (Kim u.a. 2020; Goertz, Fehling, und Hagenhofer 2021; Cattaneo 2022). VR-Lernumgebungen werden in der beruflichen Grundbildung bisher jedoch kaum systematisch eingesetzt; die Forschungslage ist noch mangelhaft und das Potenzial der Technologie für die Aneignung beruflicher Kompetenzen erscheint noch unklar (Wolfartsberger 2022, 298).

2 Projektziel und Methode

Um diese Lücken zu schliessen, wurde im vorliegenden Forschungsprojekt (DIZH 2022) die Implementierung einer VR-Lernumgebung in der beruflichen Grundbildung am Beispiel der Ausbildung von Elektrofachpersonen untersucht (Berger u.a. 2022; Nechita u.a. 2022). Die Basis bildete ein Design-Based Research-Ansatz (DBR), der darauf abzielt, durch die

theoretisch fundierte Entwicklung und Erprobung einer praxisorientierten Lösung den Mehrwert einer Technologie wie VR für die berufliche Grundbildung zu validieren (Euler und Wilbers 2020). Auf der Grundlage des generischen DBR-Modells von Euler (Euler 2014) wurde das Projekt in die drei Phasen *Analyse* (Abschnitt 3), *Prototyping/formative Evaluation* und *summative Evaluation* (Abschnitt 4) strukturiert.

Die Phase der Design-Entwicklung bildet den Kern des DBR-Ansatzes; in diesem Rahmen wurde ein didaktisches Konzept erstellt, das Eigenschaften und Leitprinzipien der VR-Lernumgebung spezifiziert. Im vorliegenden Artikel wird der Schwerpunkt aber auf die dritte Projektphase gelegt, um Hinweise zum generellen Potenzial von VR-Lernumgebungen für die berufliche Grundbildung zu erhalten. Grundlage dafür ist eine Feldstudie mit klassischem analytischem Design (Abschnitt 5).



Ein Montage-Elektriker in Ausbildung übt in einer Feldstudie die Überprüfung von elektrischen Installationen in einer virtuellen Lernumgebung. Die Resultate zeigen, dass sich Montage-Elektriker:innen mit der VR-Lernumgebung vor dem Qualifikationsverfahren in dieser Handlungskompetenz um fast einen Notenpunkt stärker verbessern konnten als ihre Mitlernenden, die sich mit herkömmlichen Lehr- und Lernmittel vorbereitet haben (Quelle: Martin Berger).

Die erforderliche Verschränkung von fachlichem, pädagogischem und technologischem Wissen wurde u.a. durch die Kooperation zwischen dem Verband für Elektroberufe EIT.swiss, der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) und der Pädagogischen Hochschule Zürich sichergestellt. Das Projekt wurde gefördert von der Digitalisierungsinitiative der Zürcher Hochschulen (DIZH).

3 Auswahl der beruflichen Situation

Im Curriculum der Ausbildung von Elektrofachpersonen wurde eine berufliche Handlungssituation gesucht, die sich aus fachdidaktischer und technologischer Perspektive für eine VR-Lernumgebung eignet. Diese wurde in der Erstprüfung gefunden, der jede elektrische Anlage vor Inbetriebnahme unterzogen werden muss. Die Erstprüfung ist deshalb eine zentrale berufliche Handlungskompetenz und gewichtiger Bestandteil des praktischen Teils des Qualifikationsverfahrens (QV) von Elektroinstallateuren^[2] und seit 2018 auch von Montage-Elektrikerinnen. Lernende erhalten erfahrungsgemäss in der betrieblichen Ausbildung aber nur bedingt Gelegenheit, die Erstprüfung durchzuführen – wohl mit ein Grund für die schlechten Resultate im Qualifikationsverfahren (Bertinelli 2020).

4 Erstellung der VR-Simulation und deren pädagogische Rahmung

Um Lernen in komplexen (realen oder virtuellen) Situationen zu ermöglichen, bedarf es einer pädagogischen Rahmung der Situationen (Dehnbostel 2006). Um Lernen in komplexen realen oder virtuellen Situationen zu ermöglichen, bedarf es einer pädagogischen Rahmung der Situationen. Deren Grundlage bilden pädagogische Leitprinzipien. Im Kontext von VR-Lernumgebungen stellen sich zahlreiche konzeptuelle Prinzipien als anschlussfähig dar (Loke 2015; Zinn 2019; Zinn u.a. 2020; Schwendimann u.a. 2015). Mit dem im DBR-Forschungsansatz angelegten Ziel, verallgemeinerbare Gestaltungsprinzipien zu generieren, suchten wir Theorien mittlerer Reichweite (Euler 2017) und spezifizierten sie zur pädagogischen Gestaltung der Lern- Lehrsituationen:

- den *Scaffolding-Ansatz*, um den Lernprozesses innerhalb des virtuellen Raums zu modulieren;
- die *Kompetenzorientierung*, die die zentrale Verbindung von systematischem und handlungsgebundenem Lernen sicherstellt;
- den *Gamification-Ansatz*, der die Lernenden zusätzlich motiviert.

Aus der VR-Simulation sollte so eine VR-Lernumgebung werden, in der die Lernenden selbstständig an der spezifischen Handlungskompetenz der Erstprüfung arbeiten können.

Pädagogische Leitprinzipien	Gestaltungsprinzipien
<p>Scaffolding-Ansatz Mit Scaffolding ist ein Begleitprozess gemeint, der Lernenden ermöglicht, eine Aufgabe auszuführen, auch wenn diese ausserhalb deren momentanen Fähigkeiten liegt (Wood, Bruner, und Ross 1976). Scaffolding erfolgt situativ, was bedeutet, dass nur bei auftretenden Lernschwierigkeiten minimale Unterstützung erfolgt, die dann gesteigert wird, bis diese Lernschwierigkeiten überwunden sind (Wood, Bruner, und Ross 1976).</p>	<p>Unterstützungselemente In der VR-Lernumgebung wurde der virtuelle Raum mit einem Helpscreen in der Aufmachung eines Chatsystems erstellt. Die Lernenden konnten einen «Hilfe zum nächsten Schritt»-Button anwählen, wenn sie im Handlungsablauf nicht mehr weiterwussten. Expertinnen konnten so die zahlreichen Handlungen durchführen, ohne die Unterstützungselemente zu benutzen, während Laien durch diese befähigt wurden, die Erstprüfung auch ohne Vorwissen durchzuführen.</p>
<p>Kompetenzorientierung Berufliche Handlungskompetenz beruht neben entsprechenden Fertigkeiten und Bereitschaften auch auf einem situations- und berufsspezifischen Wissen, das in der entsprechenden Anforderungssituation aktiviert werden kann (Dietzen 2015). Die Verbindung von begrifflich-systematischem Lernen und handlungsgebundenem Erfahrungslernen wird daher auch als eine zentrale Herausforderung der beruflichen Ausbildung beschrieben (Tramm 2011).</p>	<p>Frage- und Reflexions-Elemente Zu den jeweiligen Handlungen wurden Fragen zu Hintergründen und theoretischen Grundlagen beigefügt. Die VR-Lernumgebung kann damit einen Beitrag zur Verbindung von Erfahrung und Wissen im Sinne der Kompetenzorientierung leisten.</p>
<p>Gamification-Ansatz Mit Gamification kann die Motivation von Lernenden positiv beeinflussen werden (Deterding u.a. 2011). Der Einsatz von Gamification in VR-Trainingssimulation scheint insbesondere für die Teilnehmenden, die noch keine Erfahrung mit VR haben, wirksam zu sein (Palmas u.a. 2019).</p>	<p>Spiel-Design-Elemente Die Lernenden konnten in der Lernumgebung Punkte sammeln. Je näher die Handlungen der Lernenden der gewünschten Handlung der Erstprüfung entspricht und je weniger von den Unterstützungselementen (siehe oben) gebraucht gemacht wird, desto mehr Punkte werden vergeben. Punkte konnten weiter durch die korrekte Beantwortung der Fragen gesammelt werden. Da eine Messung beliebig oft durchlaufen werden kann, war es den Lernenden möglich, ihre Handlungen über verschiedene Durchläufe zu vergleichen (Scoreboard).</p>

(https://transfer.vet/wp-content/uploads/2022/12/berger_tabelle_1-1.png)

5 Feldstudie

Design

Der Effekt der VR-Lernumgebung auf das Erlernen der Erstprüfung wurde im Frühlingsemester 2022 in einer Feldstudie mit 78 Lernenden im letzten Ausbildungssemester untersucht (35 Elektroinstallateurinnen, 43 Montage-Elektriker). Die Lernenden wurden im Rahmen von QV-Vorbereitungskursen im Januar 2022 auf ihre Handlungskompetenz «Erstprüfung» getestet (*pre-test*). Danach wurden sie angewiesen, über einen Zeitraum von ca. zwei Monaten während ihrer betrieblichen Ausbildungszeit an der Durchführung der Erstprüfung zu arbeiten. Als zeitliche Richtgrösse wurde insgesamt 120 Minuten, verteilt auf mehrere Zeitfenster, vorgegeben.

Die *Lernenden der Interventionsgruppe* wurden zudem instruiert, dabei die VR-Lernumgebung (VR-Headsets des Typs Oculus Quest 2) zu nutzen, in deren Anwendung sie zuvor eingeführt wurden. Die *Lernenden der Kontrollgruppe* wurden gebeten, für die Vorbereitung die herkömmlichen Lern- und Lehrmittel im Rahmen desselben Zeitrahmens zu benutzen.

Die Interventionsphase endete mit dem praktischen Teil des Qualifikationsverfahrens (QV, *post-test*). Die *pre- und post-tests* erfolgten mittels praktischer Einzeltest gemäss Vorgaben (EIT.swiss 2020a; 2020b). Darin erteilten Experten den Lernenden Handlungsaufgaben an Übungsinstallationen und beurteilten diese. Die Vergleiche zwischen Interventions- und Kontrollgruppe erfolgten mittels T-Test mit Messwiederholung. Unterschiede zwischen den untersuchten Ausbildungsberufen wurden anhand einer einfaktoriellen, univariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung analysiert.



Abbildungen 1-4: Lernende befinden sich einer realitätsnahen Arbeitsumgebung in einer Garage, in der sie sich zu verschiedenen Punkten teleportieren können (Kreise auf dem Boden). Als Unterstützungselement können sie an der Wand in Form eines Helpscreens visuell und auditiv Hilfen erhalten, welche sie durch die Messung führen (oben links). In einem Nebenraum findet sich der Verteilerkasten, an dem ein Teil der erforderlichen Messungen durchgeführt wird. Die Lernenden werden bei ihren Handlungen mit passenden theoretischen Fragen konfrontiert (unten links). Sie erhalten nach jeder erfolgreich durchgeführten Messung Punkte – je nach Nutzung der Unterstützungselemente und der Beantwortung der Fragen. Deren Summe wird in anonymisierter Form auf dem «Scoreboard» dargestellt, was einen Vergleich mit den Peers ermöglicht (unten rechts).

Resultate

Bei den Montage-Elektrikern zeigt sich ein signifikanter Unterschied, der gross ausfällt. So lag hier die Entwicklung der Testresultate der Interventionsgruppe (n=24) gegenüber der Kontrollgruppe (n=19) um durchschnittlich 0.84 Notenpunkte höher.

Von 78 ausgewählten, im *pre-test* getesteten Lernenden konnten im *post-test* noch 68

getestet werden. Die Lerndauer der Interventionsgruppe (Anwendung der VR-Lernumgebung) betrug durchschnittlich 67.84 Minuten, was unterhalb des vorgegebenen Zeitrahmens von 120 Minuten lag, allerdings streuen die Zeitwerte sehr stark ($SD= 42.26$). Die Lerndauer der Kontrollgruppe wurde nicht erhoben. Tabelle 1 zeigt die Testresultate im *pre-test* und *post-test* und deren unterschiedliche Entwicklung. Beide Gruppen wiesen im *pre-test* einen ungenügenden und beim *post-test* einen genügenden Notenwert auf, wobei der dieser bei der Interventionsgruppe im *pre-test* um .62 tiefer und im *post-test* um .14 höher ausfiel.

Gruppe	N	pre-test		post-test		Entwicklung von post-zu pretest		
		M	SD	M	SD	M	SD	Delta
Interventionsgruppe	35	3.18	1.10	4.54	.82	1.35	1.03	.64
Kontrollgruppe	33	3.70	1.05	4.41	.71	.72	1.10	$d=.60$

Tabelle 1: Mittelwert (M) der Notenwerte sowie Standardabweichung (SD) der Lernenden (Anzahl N) der Interventions- und Kontrollgruppe im pre- und post-test respektive die Entwicklung der Notenwerte (post-pre). Unterschied in der Entwicklung der Notenwerte zwischen den Gruppen (Delta) und Cohen's-d ($p<.01$). Der Zuwachs von 1.35 im M der Interventionsgruppe (von 3.18 auf 4.54) liegt um .64 höher als der Zuwachs von 0.72 der Kontrollgruppe (von 3.70 auf 4.41).

Das Delta der Testresultate lag bei den Lernenden der Interventionsgruppe durchschnittlich um 0.77 Notenpunkte höher als bei den Lernenden der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant (95%-CI[0.12, 1.15]), $t(66)=2.98, p = .008$). Es zeigte sich ein mittelgrosser Effekt der VR-Lernumgebung auf die Entwicklung der Testresultate ($Cohen'sd=0.60$).

In der Stichprobe befanden sich zwei Ausbildungsberufe mit unterschiedlicher Ausbildungsdauer: 25 Elektroinstallateurinnen (vierjährige Ausbildung) und 43 Montage-Elektriker (dreijährig). Eine einfaktorielle, univariate Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt, dass die Entwicklung der Testresultate mit dem Ausbildungsberuf zusammenhängt ($F(1,33) = 6.919, p = .013, \eta^2 = .173, n = 35$); sie fiel bei den Montage-Elektrikerinnen stärker positiv aus, wobei die Elektroinstallateuren im *pre-test* einen wesentlich höheren Wert erreichten (Tabelle 2). Bei den Montage-Elektrikern sind die unterschiedlichen Ergebnisse in den *pre-tests* auffallend; sie können nicht erklärt werden, da bei der Einteilung der Lernenden in die Gruppen die Noten noch nicht bekannt waren.

		<u>(pre)-test</u>		<u>(post)-test</u>		<u>Entwicklung (post-pre)</u>		
Elektroinstallateurinnen	N	M	SD	M	SD	M	SD	Delta
Interventionsgruppe	11	4.05	.97	4.77	.68	.73	.93	.12
Kontrollgruppe	14	3.93	.92	4.54	.63	.61	.94	$d = .13^{n.s.}$
Montage-Elektriker	N	M	SD	M	SD	M	SD	Delta
Interventionsgruppe	24	2.80	.97	4.43	0.89	1.64	.96	.84
Kontrollgruppe	19	3.54	1.22	4.32	.77	.79	1.21	$d=.97$

Tabelle 2: Notenwerte der Elektroinstallateurinnen und Montage-Elektriker der Interventions- und Kontrollgruppe im pre- und post-test sowie die Entwicklung der Notenwerte (post-pre). Unterschied in der Entwicklung der Notenwerte zwischen den Gruppen (Delta) und Cohen's-d ($p<.01$).

Bei den Elektroinstallateurinnen ergab sich bei der Entwicklung der Testresultate ein kleiner Unterschied zwischen den elf Lernenden der Interventionsgruppe und den 14 Lernenden der Kontrollgruppe von 0.12 Notenpunkten, dessen Signifikanz jedoch nicht nachgewiesen werden kann. Bei den Montage-Elektrikern hingegen zeigt sich ein signifikanter Unterschied, der gross ausfällt. So lag hier die Entwicklung der Testresultate der Interventionsgruppe ($n=24$) gegenüber der Kontrollgruppe ($n=19$) um durchschnittlich .84 Notenpunkte höher. Es manifestierte sich dabei ein mittlerer bis starker Effekt ($Cohen'sd=0.97$) der VR-Lernumgebung auf die Entwicklung der Testresultate.

6 Diskussion und Ausblick

Die Erkenntnisse weisen darauf hin, dass virtuelle Erfahrungs- und Lernräume betriebliches Lernen unterstützen und für den Aufbau beruflicher Handlungskompetenzen wirksam sein können. Die im Projekt signifikant höhere Wirksamkeit der exemplarischen VR-Lernumgebung bei Montage-Elektrikerinnen (dreijährige Ausbildung mit höherem Bezug zu praktischen Tätigkeiten) gegenüber Elektroinstallateuren (vierjährige Ausbildung mit höheren Anforderungen im Wissensbereich) weist auf mögliche differentielle Effekte in Einsatz und Konzeption von VR-Simulationen für die Berufsbildung hin. Weitere Forschung könnte beispielweise an die Befunde anknüpfen, dass lernschwächere Personen besonders stark von einem eng angeleiteten didaktisch Lernsetting profitieren können (Knöll 2007; Nickolaus, Knöll, und Gschwendtner 2006), wie es in der erprobten VR-Simulation realisiert war. Bei der Interpretation der Studienresultate muss beachtet werden, dass kombinierte Analysen aufgrund der Stichprobengrösse nicht möglich waren.

Neben den erwähnten Fragen für weitergehende Forschung können aus dem vorliegenden Projekt auch erste Ergebnisse festgehalten werden: Die Resultate weisen auf ein realistisches Potenzial der VR-Technologie im Rahmen der beruflichen Grundbildung hin. Ebenso liegt als Projektergebnis ein erprobter Prototyp für den Einsatz einer VR-Applikation in der Berufsbildung vor. Die Entwicklung eines Geschäfts- und Betriebsmodells für den weiteren Einsatz dieser Applikation wird zurzeit mit der im Projekt beteiligten Praxispartnerin Bandara VR GmbH erarbeitet. Sie übernimmt die bisherige

Entwicklungsarbeit der Hochschulen und entwickelt sie mit Pilotkunden aus der betrieblichen Praxis zu einem marktfähigen Produkt weiter.

[1] Eine ausführlichere Version des Textes erschien im deutschen Magazin *bwp@*. Sie ist online open access (<https://www.bwpat.de/ausgabe/43/berger-etal>) zugänglich (Berger u.a. 2022).

[2] Transfer löst das Anliegen der gendgerechten Formulierung mit der willkürlichen Verwendung von weiblichen und männlichen Bezeichnungen. Wo nur Männer oder Frauen gemeint sind, wird dies explizit gemacht.

Literatur

- Berger, Martin, Katrin Kraus, Thomas Keller, Elke Brucker-Kley, und Knaack. 2022. Virtuelle Lernumgebungen in der betrieblichen Ausbildung – eine Analyse am Beispiel der Elektrobranche in der Schweiz (<https://www.bwpat.de/ausgabe/43/berger-etal>). *Berufs- und Wirtschaftspädagogik online*, Nr. 43.
- Bertinelli, Ermanno. 2020. Kann mit Hilfe von Videosequenzen, als unterstützende Massnahme zum Messkurs, die Handlungsfähigkeit des Montagepersonals bei der Erstprüfung gesteigert werden? Fallbeispiel zur Entwicklung der Weiterbildung in einem Elektrogrossbetrieb in der Schweiz. Urdorf: unveröffentlicht.
- Cattaneo, Alberto. 2022. Digitales Lernen: Nutzen wir wirklich alle Möglichkeiten? (<https://sgab-srfg.ch/digitales-lernen-nutzen-wir-wirklich-alle-moeglichkeiten/>): Überlegungen zur Integration von Technologien in die Berufsbildung. *Transfer, Berufsbildung in Forschung und Praxis* (3/2022), SGAB, Schweizerische Gesellschaft für angewandte Berufsbildungsforschung.
- Dehnbostel, Peter. 2006. *Lernen im Prozess der Arbeit*. Münster: Waxmann.
- Deterding, Sebastian, Dan Dixon, Rilla Khaled, und Lennart Nacke. 2011. From game design elements to gamefulness: defining «gamification». In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9–15.
- Dietzen, Agnes. 2015. Die Rolle von Wissen in Kompetenzerklärungen und im Erwerb beruflicher Handlungskompetenz. In *Kompetent – wofür? Life skills – Beruflichkeit – Persönlichkeitsbildung: Beiträge zur Berufsbildungsforschung*, herausgegeben von Michaela Stock, Peter Schlögl, und Daniela Moser, 39–53. Innsbruck: Studienverlag.
- DIZH. 2022. Virtual Reality als Lernort für die Berufliche Grundbildung (<https://dizh.ch/2022/01/03/virtual-reality-als-lernort-fuer-die-berufliche-grundbildung/>). DIZH -Digitalisierungsinitiative des Kantons Zürich. 3. Januar 2022.
- EIT.swiss. 2020a. *Wegleitung zum Qualifikationsverfahren Elektroinstallateurin/Elektroinstallateur EFZ* (https://www.eit.swiss/fileadmin/user_upload/documents/Berufsbildung/Grundbildung/Elektroinstallateurin_EFZ/_de/2015_EI_Wegleitung_QV.pdf).
- EIT.swiss. 2020b. *Wegleitung zum Qualifikationsverfahren Montage-Elektrikerin/Montage-Elektriker EFZ* (https://www.eit.swiss/fileadmin/user_upload/documents/Berufsbildung/Grundbildung/Montage-Elektrikerin_EFZ/_de/2015_ME_Wegleitung_QV.pdf).

- Euler, Dieter. 2014. Design Research – a paradigm under development. In Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (Beiheft), herausgegeben von Dieter Euler und Peter F. E. Solane, 27:15–45. Franz Steiner.
- Euler, Dieter. 2017. Design Principles as Bridge between Scientific Knowledge Production and Practice Design (<https://journals.sub.uni-hamburg.de/EDeR/article/view/1024>). EDeR. Educational Design Research 1 (1).
- Euler, Dieter, und Karl Wilbers. 2020. Berufsbildung in digitalen Lernumgebungen. In Handbuch Berufsbildung, herausgegeben von Rolf Arnold, Antonius Lipsmeier, und Matthias Rohs, 427–38. Wiesbaden: Springer VS.
- Goertz, Lutz, Christian Dominic Fehling, und Thomas Hagenhofer. 2021. COPLAR-Leitfaden (https://www.social-augmented-learning.de/wp-content/downloads/210225-Coplar-Leitfaden_final.pdf): Didaktische Konzepte identifizieren – Community of Practice zum Lernen mit AR und VR.
- Kim, Kevin Gonyop, Catharine Oertel, Martin Dobricki, Jennifer K. Olsen, Alessia E. Coppi, Alberto Cattaneo, und Pierre Dillenbourg. 2020. Using Immersive Virtual Reality to Support Designing Skills in Vocational Education (<https://doi.org/10.1111/bjet.13026>). British Journal of Educational Technology 51 (6): 2199–2213.
- Knöll, Bernd. 2007. Differenzielle Effekte von methodischen Entscheidungen und Organisationsformen beruflicher Grundbildung auf die Kompetenz- und Motivationsentwicklung in der gewerblich-technischen Erstausbildung. Eine empirische Untersuchung in der Grundausbildung von Elektroinstallateuren. Aachen: Shaker.
- Loke, Swee-Kin. 2015. How do virtual world experiences bring about learning? A critical review of theories. Australasian Journal of Educational Technology 31 (1).
- Nechita, Teodora, Reto Knaack, Martin Berger, Thomas Keller, Elke Brucker-Kley, und Janick Michot. 2022. Work-In-Progress – Virtual Reality for Basic Vocational Training. In , 1–3. IEEE.
- Nickolaus, Reinhold, Bernd Knöll, und Tobias Gschwendtner. 2006. Methodische Präferenzen und ihre Effekte auf die Kompetenz-und Motivationsentwicklung– Ergebnisse aus Studien in anforderungsdifferenten elektrotechnischen Ausbildungsberufen in der Grundbildung. ZBW 102: 552–77.
- Palmas, Fabrizio, David Labode, David A Plecher, und Gudrun Klinker. 2019. Comparison of a gamified and non-gamified virtual reality training assembly task. In IEEE 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games), 1–8. IEEE.
- Schwendimann, Beat A., Alberto A. P. Cattaneo, Jessica Dehler Zufferey, Jean-Luc Gurtner, Mireille Bétrancourt, und Pierre Dillenbourg. 2015. The «Erfahrraum» (<https://doi.org/10.1080/13636820.2015.1061041>): a pedagogical model for designing educational technologies in dual vocational systems. Journal of Vocational Education & Training 67 (3): 367–96.

- Wood, David, Jerome S Bruner, und Gail Ross. 1976. The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry* 17 (2): 89–100.
- Zinn, Bernd. 2019. Editorial: Lehren und Lernen zwischen Virtualität und Realität. *Journal of Technical Education* 7 (1): 16–31.
- Zinn, Bernd, Hrsg. 2020. *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung: technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung: Theorie und Anwendung*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Zinn, Bernd, Carolin Peltz, Qi Guo, und Sunita Ariali. 2020. Konzeptionalisierung virtueller Lehr- und Lernarrangements im Kontext des industriellen Dienstleistungsbereichs des Maschinen- und Anlagebaus. In *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung – Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung–Theorie und Anwendung*, herausgegeben von Bernd Zinn, 141–68. Stuttgart: Franz Steiner Verlag. ([#_ftnref1](#))

Zitiervorschlag

Martin Berger, Katrin Kraus, Thomas Keller, Elke Brucker-Kley, Janick Michot & Reto Knaack, 2023: *Mit Virtual Reality zu beruflichen Handlungskompetenzen: Fallbeispiel aus der beruflichen Grundbildung für Elektroberufe*. Transfer. Berufsbildung in Forschung und Praxis. SGAB, Schweizerische Gesellschaft für angewandte Berufsbildungsforschung.

Das vorliegende Werk ist urheberrechtlich geschützt. Erlaubt ist jegliche Nutzung ausser die kommerzielle Nutzung. Die Weitergabe unter der gleichen Lizenz ist möglich; sie erfordert die Nennung des Urhebers.